

5
J1046 U.S. PTO
09/988801

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le **28 SEP. 2001**

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04
Télécopie : 33 (1) 42 93 59 30
www.inpi.fr

THIS PAGE BLANK (USPTO)



26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354*01

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 W / 260899

REMISSION DES PIÈCES DATE 25 NOV 2000 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT 0014934 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE 20/11/2000 PAR L'INPI Vos références pour ce dossier (facultatif) HN/fo - AM 1698		1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE ■ ATOFINA Département Propriété Industrielle Cours Michelet - La Défense 10 92091 PARIS LA DEFENSE CEDEX ■ Monsieur Henry NEEL	
Confirmation d'un dépôt par télécopie <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
2 NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N°	Date
ou demande de certificat d'utilité initiale		N°	Date
Transformation d'une demande de brevet européen		<input type="checkbox"/>	Date
Demande de brevet initiale		N°	Date
3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) POUDRE MICROCOMPOSITE À BASE D'UN ÉLECTROCONDUCTEUR ET D'UN FLUOROPOLYMÈRE ET OBJETS FABRIQUÉS AVEC CETTE POUDRE			
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation Date / / N° Pays ou organisation Date / / N° Pays ou organisation Date / / N° <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
5 DEMANDEUR		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		ATOFINA	
Prénoms			
Forme juridique			
N° SIREN		3 . 1 . 9 . 6 . 3 . 2 . 7 . 9 . 0	
Code APE-NAF		. . .	
Adresse	Rue	4/8, cours Michelet	
	Code postal et ville	92800	PUTEAUX
Pays		FRANCE	
Nationalité		FRANCAISE	
N° de téléphone (facultatif)		01 49 00 80 80	
N° de télécopie (facultatif)		01 49 00 80 87	
Adresse électronique (facultatif)			

**BREVET D'INVENTION
CERTIFICAT D'UTILITÉ**

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 2/2

REMISE EN PIECES DATE 20 NOV 2000 75 INPI PARIS LIEU N° D'ENREGISTREMENT 0014934 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		DB 540 W /260899	
Vos références pour ce dossier : <i>(facultatif)</i>		HN/fo - AM 1698	
6 MANDATAIRE			
Nom		NEEL	
Prénom		Henry	
Cabinet ou Société		ATOFINA	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		PG 8901	
Adresse	Rue	4/8, cours Michelet	
	Code postal et ville	92800	PUTEAUX
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>		01 49 00 80 65	
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>		01 49 00 80 87	
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>			
7 INVENTEUR (S)			
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée	
8 RAPPORT DE RECHERCHE		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Paiement échelonné de la redevance		Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence):	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Sulte», indiquez le nombre de pages jointes			
10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) Henry NEEL Mandataire L.422.5 PP.351		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI	

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg

75800 Paris Cedex 08

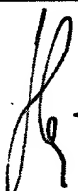
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1. / 2.

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 113 W / 260899

V s références pour ce dossier (facultatif)		HN/fo - AM 1698	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		00 14934	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)			
POUDRE MICROCOMPOSITE À BASE D'UN ÉLECTROCONDUCTEUR ET D'UN FLUOROPOLYMÈRE ET OBJETS FABRIQUÉS AVEC CETTE POUDRE			
LE(S) DEMANDEUR(S) :			
ATOFINA 4/8, cours Michelet 92800 PUTEAUX			
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois invent urs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		BONNET	
Prénoms		Anthony	
Adresse	Rue	26, rue des Terriers	
	Code postal et ville	27470	SERQUIGNY
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		TRIBALLIER	
Prénoms		Karine	
Adresse	Rue	3, route de la Maison Rouge	
	Code postal et ville	27800	SAINT-ELOI-DE-FOURQUES
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		BUSSI	
Prénoms		Philippe	
Adresse	Rue	Résidence Clairval - Immeuble Saphir 4, chemin de la Planquette	
	Code postal et ville	27300	BERNAY
Société d'appartenance (facultatif)			
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) Paris-la-Défense, le 20 novembre 2000 Henry NEEL Mandataire L.422.5 PP.351			


DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 2. / 2.
(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 260899

Vos références pour ce dossier (facultatif)		HN/fo - AM 1698	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		00.14934	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)			
POUDRE MICROCOMPOSITE À BASE D'UN ÉLECTROCONDUCTEUR ET D'UN FLUOROPOLYMÈRE ET OBJETS FABRIQUÉS AVEC CETTE POUDRE			
LE(S) DEMANDEUR(S) :			
ATOFINA 4/8, cours Michelet 92800 PUTEAUX			
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		BURCHILL	
Prénoms		Michael	
Adresse	Rue	83, Hampton Dr.	
	Code postal et ville	PA 19047 LANGHORNE (ETATS-UNIS)	
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) Paris-la-Défense, le 20 novembre 2000 Henry NEEL Mandataire L.422.5 PP.351			

DOCUMENT COMPORTANT DES MODIFICATIONS

PAGE(S) DE LA DESCRIPTION OU DES REVENDEICATIONS OU PLANCHE(S) DE DESSIN			R.M.*	DATE DE LA CORRESPONDANCE	TAMPON DATEUR DU CORRECTEUR
M difié (s)	Supprimée(s)	Ajoutée(s)			
4, 5				10-1-2001	24 JAN. 2001 - V M

Un changement apporté à la rédaction des revendications d'origine, sauf si celui-ci découle des dispositions de l'article R.612-36 du code de la Propriété Intellectuelle, est signalé par la mention «R.M.» (revendications modifiées).

**POUDRE MICROCOMPOSITE À BASE D'UN ÉLECTROCONDUCTEUR ET
D'UN FLUOROPOLYMÈRE ET OBJETS FABRIQUÉS AVEC CETTE
POUDRE**

5

[Domaine de l'invention]

La présente invention concerne une poudre microcomposite à base d'un
10 électroconducteur (par exemple le carbone) et d'un fluoropolymère ainsi que les
objets fabriqués avec cette poudre. Plus précisément la poudre microcomposite
est constituée de particules de taille de l'ordre de 0,1 μm à 0,5 μm en
fluoropolymère, qui est avantageusement du PVDF, fixées sur un élément
15 électroconducteur de taille de l'ordre de 1 à 300 μm qui est avantageusement
du graphite, un agrégat de noir de carbone, une fibre de carbone, un charbon
actif. Cette poudre peut être obtenue par coatomisation.

Elle est particulièrement utile pour la réalisation de plaques bipolaires
utilisées dans les piles à combustible. Les piles à combustible (fuel cells) qui
sont constituées de ces plaques bipolaires subissent des conditions sévères
20 d'utilisation en terme de pression, de température et d'agression chimique et
électrochimique. Ces plaques bipolaires doivent donc pouvoir résister à ces
différentes conditions ainsi que pouvoir être manipulées facilement lors du
montage de la pile à combustible. Il existe plusieurs types de fonctionnement de
piles à combustibles qui génèrent des cahiers des charges différents en ce qui
25 concerne les caractéristiques que doivent présenter les plaques bipolaires en
terme de conductivité, de résistance mécanique et de perméabilité.

[l'art antérieur et le problème technique]

30 Le brevet DE 3538732 décrit une électrode faite d'une pâte pouvant être
étendue et constituée de 70 à 80 % en masse de poudre de carbone de taille
de granulés 30 à 300 μm et de 10 à 20 % en masse d'une solution de PVDF à
4 à 8% de PVDF dans le DMF (diméthylformamide) et d'au moins 5 % en

masse de poudre de PTFE de taille de granulés de 10 à 100 μm . La pâte est étendue sur un substrat en aluminium puis séchée par une lampe infra rouge pendant $\frac{1}{2}$ h à 4 h. Cette électrode à base de PVDF et de carbone est perméable aux gaz et aux liquides.

5 Dans la demande de brevet JP 08031231 A il est décrit une formulation à base de graphite sphérique, de thermodurcissable ou de thermoplastique et de noir de carbone de type ketjenblack conducteur. Le matériau présente une bonne résistance mécanique et peut être utilisé pour le moulage et le calandrage. Ce matériau est utilisable dans le domaine de la pile à combustible.

10 Dans la demande de brevet JP 04013287 A on décrit une plaque de carbone poreuse dans les trois dimensions à hauteur de 60 à 80 % de porosité.

Dans la demande de brevet JP 52122276 A on décrit une électrode préparée par dépôt sur un textile poreux de carbone anisotropique pyrolysé, lui-même recouvert d'une dispersion aqueuse de TEFLON® (PTFE) et le tout
15 est séché pour former une couche poreuse hydrophobe.

Dans la demande de brevet WO 200025372 il est décrit une plaque bipolaire pour utilisation dans le domaine des piles à combustibles et provenant du moulage d'une résine vinyl ester et d'une poudre de graphite permettant d'obtenir une conductivité d'au moins 10 S/cm. Ces plaques peuvent contenir
20 de 20 à 95% de graphite et de 0 à 5% de noir de carbone ainsi que des fibres de coton. On y décrit aussi l'utilisation de produits fluorés pour améliorer le démoulage ainsi que l'hydrophobie.

Dans le brevet US 5268239 on décrit la préparation d'une plaque séparatrice. Cette plaque à base de graphite est un mélange contenant de 25 à
25 75% en masse de graphite et de 25 à 75% en masse de résine phénolique. Cette plaque est ensuite pyrolysée entre 800 et 1000°C, puis graphitée entre 2300°C et 3000°C. Ce brevet décrit aussi l'application d'un film de fluoropolymère pour éviter la migration de l'électrolyte.

Dans la demande de brevet WO 200024075 on décrit la préparation d'un
30 substrat, utilisable pour la préparation de membrane, ce substrat comprend une matrice de fibre poreuse, caractérisé par le fait que les fibres sont collées avec de la silice et un polymère fluoré. Il est décrit aussi le procédé, avec dans un

premier temps la dispersion des fibres dans l'eau puis dans un deuxième temps le dépôt de cette dispersion pour former un réseau. Le réseau de fibres est alors séché et compacté. Une dispersion aqueuse de fluoropolymère pouvant être introduite avant ou après cette étape de séchage et compactage.

5 Dans le brevet FR 2355381 il est décrit un procédé de préparation d'une électrode pour piles à combustible caractérisé par les étapes suivantes: (i) tout d'abord la formation d'une suspension aqueuse de particules de catalyseur, avec addition d'un agent tensio-actif cationique, puis (ii) formation d'une deuxième suspension aqueuse colloïdale de polymère hydrophobe, (iii)
10 mélange des deux suspensions pour former une suspension aqueuse uniforme de particules de catalyseur et de particules de polymère hydrophobe. Cette suspension est alors déposée sur un support conducteur et chauffée afin de fritter la couche de catalyseur et de polymère.

 Dans le brevet FR 2430100 il est décrit un procédé de préparation d'une
15 poudre sèche finement divisée caractérisée en ce qu'elle est constituée par des grains ayant une dimension maximum d'environ 5 μm . Cette poudre comprend du carbone précatalysé et un polymère fluorocarboné hydrophobe, par exemple le PTFE. Cette poudre est obtenue par floculation d'une co-suspension des grains de carbone précatalysé et des grains de polymères.

20 Dans le brevet EP 0948071 il est une méthode pour produire une électrode pour piles à combustible, ainsi qu'une poudre catalytique préparée en mélangeant une poudre fine de carbone supportant un métal catalytique avec une dispersion colloïdale d'un polymère. La suspension ainsi obtenue est séchée.

25 Dans le brevet EP 0557259 il est décrit la préparation d'une électrode de diffusion gazeuse pour cellule électrochimique. Cette électrode est préparée à l'aide d'une poudre de noir de carbone dispersée dans un solvant organique en présence de polyéthylène soluble. La dispersion est ensuite séchée ce qui permet au polyéthylène de recouvrir la surface du noir. Ce polyéthylène est
30 ensuite fluoré. Cette poudre de noir de carbone hydrophobe est ensuite mélangée à un noir de carbone de type acétylénique supportant un métal

catalyseur ainsi que du PTFE pour former des agrégats. Ces agrégats sont ensuite pressés à 20 kg/cm² et frittés à 340°C pendant 20 minutes.

5 Dans le brevet EP 0928036 il est décrit une méthode de préparation d'électrode perméable au gaz, en effectuant une dispersion de particules de noir de carbone ou de noir de carbone supportant un catalyseur en utilisant un équipement à haut cisaillement pour l'homogénéiser tel que les micro - fluidiseurs puis en ajoutant un liant à la dispersion obtenue puis un agent stabilisant. Ce mélange est ensuite déposé sur un tissu électro-conducteur puis séché et fritté à 300 - 400°C.

10 Dans la demande de brevet WO 200030202 il est décrit une composition moulable permettant la préparation de plaques collectrices de courant par compression moulage ou injection moulage. Cette composition comprend un liant polymère non fluoré; parmi les polymères utilisables on trouvera les polyphénylène sulfides , les polyphénylène éther modifiés, les polymères
15 cristaux liquides, les polyamides, les polyimides, les polyesters, les phénoliques, les résines époxydes et les vinyl esters. Parmi les particules conductrices on trouvera plus particulièrement les particules carbonées. Ces particules carbonées sont présentes à hauteur d'au moins 45 % en masse.

Makoto Ushida dans J. Electrochem. Soc., vol.142, No. 12, December
20 1995 a étudié la préparation d'une MEA (membrane and electrode assembly), basée sur la formation d'un colloïde permettant d'optimiser la formation d'un réseau dans la couche de catalyseur et de simplifier la fabrication de la MEA. La préparation par la réalisation par exemple d'un mélange de perfluorosulfonate ionomer (PFSI) en solution dans de l'éthanol est additionnée
25 d'acétate de butyle (un mauvais solvant) pour former une solution colloïdale. Puis un carbone supportant du platine est mélangé à un carbone recouvert de PTFE . Ce carbone recouvert de PTFE est réalisé en mélangeant une suspension de carbone et une suspension de PTFE ainsi qu'un surfactant, le surfactant est alors enlevé lors d'un traitement sous air à 290°C. Le mélange
30 des deux poudres Pt/C et C/PTFE est additionné à la solution colloïdale du PFSI ce qui génère une réticulation des chaînes de PFSI adsorbées par le carbone favorisée par un traitement ultrasonique. Cette suspension colloïdale

est ensuite étalée sur un papier carbone qui est pressé à 130°C à 7,5 MPa pendant 1 minute.

Fischer dans Journal of applied electrochemistry 28 (1998) pp 277-282 a étudié la préparation de MEA en pulvérisant le mélange d'un slurry (suspension) d'un métal catalyseur, d'une solution de Nafion® (acrylate fluoré) dans l'eau et de glycerol, sur une membrane à base de Nafion 117 ® chauffée. Les solvants sont ensuite évaporés par chauffage à 150°C.

Dans le brevet US 4214969 il est décrit une plaque bipolaire pour piles à combustibles constituée de graphite et de fluoropolymère dans un ratio 2.5 :1 à 16 :1. Ces plaques bipolaires présentent une conductivité volumique $4.10^{-3} \Omega.in$. Ce mélange de graphite et de fluoropolymère est mélangé à sec dans un mélangeur pendant 25 minutes puis introduit dans un moule à chaud sous pression.

La demande de brevet GB 2220666 décrit une méthode de coatomisation pour la préparation de particules de noir de carbone revêtues de façon très homogène par des particules de latex synthétique. Il n'est cité aucun polymère fluoré dans la description ni dans les exemples.

L'art antérieur a essentiellement décrit la réalisation de plaques bipolaires par des procédés discontinus utilisant des solvants ou des procédés ne faisant intervenir que des mélanges grossiers des différents produits utilisés dans la réalisation des plaques. L'art antérieur décrivant une coatomisation n'a pas décrit les polymères fluorés.

On a maintenant trouvé une poudre microcomposite très homogène à base d'un fluoropolymère et d'un électroconducteur et que cette poudre pouvait être mise en œuvre par les techniques telles que l'injection, l'injection transfert, l'injection moulage utilisées habituellement pour les thermoplastiques. Les objets ainsi fabriqués sont utiles dans les piles à combustibles (plaque bipolaire) et les supercondensateurs.

Cette poudre microcomposite peut être produite par coatomisation d'une dispersion aqueuse comprenant un fluoropolymère et un électroconducteur. Le procédé ne fait intervenir aucun solvant autre que l'eau. Les avantages et

autres caractéristiques de la présente invention sont exposés dans la description détaillée de l'invention qui suit.

[Brève description de l'invention]

5

La présente invention concerne une poudre microcomposite comprenant des particules de 1 à 300 μm d'un produit électroconducteur recouvertes de particules de 0,1 à 0,5 μm d'un fluoropolymère.

10 Selon une forme avantageuse de l'invention la poudre microcomposite comprend un produit (A) qui est un polymère ou un oligomère pouvant être solubilisé par un solvant qui n'est pas un solvant du fluoropolymère ni du produit électroconducteur.

La présente invention concerne aussi les objets constitués de cette poudre. Ces objets peuvent être des plaques bipolaires de piles à combustible
15 ou des éléments de supercapacités.

[Description détaillée de l'invention]

S'agissant de l'élément électroconducteur ce sont tous les
20 conducteurs de l'électricité. On peut citer à titre d'exemple les métaux, les oxydes métalliques et les produits à base de carbone. A titre d'exemple de produits à base de carbone on peut citer le graphite, les agrégats de noir de carbone, les fibres de carbone et les charbons actifs. On ne sortirait pas du cadre de l'invention en utilisant plusieurs éléments électroconducteurs par
25 exemple; (i) du graphite et des agrégats de noir de carbone; (ii) du graphite, des agrégats de noir de carbone et des fibres de carbone; (iii) des agrégats de noir de carbone et des fibres de carbone; (iv) du graphite et des fibres de carbone.

Les produits à base de carbone pouvant être utilisés sont décrits dans Handbook of fillers 2nd Edition published by Chem Tec Publishing 1999 page 62
30 § 2.1.22, page 92 § 2.1.33 et page 184 § 2.2.2. De façon préférable, on pourra utiliser des graphites de taille comprise entre 20 et 50 μm . Parmi les noirs de carbone pouvant être utilisés on peut citer les noirs Ketjen® EC 600 JD de surface spécifique 1250 m^2/gr ou Ketjen® EC 300 J. de surface spécifique 800

m²/gr. On pourra de façon avantageuse utiliser les fibres de carbone de longueur de 150 µm.

S'agissant du fluoropolymère on désigne ainsi tout polymère ayant
 5 dans sa chaîne au moins un monomère choisi parmi les composés contenant un groupe vinyle capable de s'ouvrir pour se polymériser et qui contient, directement attaché à ce groupe vinyle, au moins un atome de fluor, un groupe fluoroalkyle ou un groupe fluoroalkoxy.

A titre d'exemple de monomère on peut citer le fluorure de vinyle; le
 10 fluorure de vinylidène (VF₂); le trifluoroéthylène (VF₃); le chlorotrifluoroéthylène (CTFE); le 1,2-difluoroéthylène; le tétrafluoroéthylène (TFE); l'hexafluoropropylène (HFP); les perfluoro(alkyl vinyl) ethers tels que le perfluoro(méthyl vinyl)ether (PMVE), le perfluoro(éthyl vinyl) ether (PEVE) et le perfluoro(propyl vinyl) ether (PPVE); le perfluoro(1,3 -dioxole); le perfluoro(2,2-
 15 diméthyl- 1,3 -dioxole) (PDD); le produit de formule $CF_2=CFOCF_2CF(CF_3)OCF_2CF_2X$ dans laquelle X est SO₂F, CO₂H, CH₂OH, CH₂OCN ou CH₂PO₃H; le produit de formule $CF_2=CFOCF_2CF_2SO_2F$; le produit de formule $F(CF_2)_nCH_2OCF=CF_2$ dans laquelle n est 1, 2, 3, 4 or 5; le produit de formule $R_1CH_2OCF=CF_2$ dans laquelle R₁ est l'hydrogène ou
 20 $F(CF_2)_z$ et z vaut 1, 2, 3 ou 4; le produit de formule $R_3OCF=CH_2$ dans laquelle R₃ est $F(CF_2)_z-$ et z est 1, 2, 3 or 4; le perfluorobutyl éthylène (PFBE); le 3,3,3-trifluoropropène et le 2-trifluorométhyl-3,3,3-trifluoro-1-propène.

Le fluoropolymère peut être un homopolymère ou un copolymère, il peut aussi comprendre des monomères non fluorés tels que l'éthylène.
 25 Avantageusement le fluoropolymère est du PVDF homopolymère ou copolymère contenant au moins 60% en poids de VF₂, le comonomère éventuel est choisi parmi les monomères fluorés cités plus haut et est avantagement le HFP. Le fluoropolymère peut contenir des plastifiants ou des additifs, comme par exemple un plastifiant bien connu le dibutyle sébaçate.

30 La poudre microcomposite peut comprendre, en poids, 10 à 40% de fluoropolymère pour respectivement 90 à 60% de produit électroconducteur. De façon avantageuse la poudre comprend 15 à 30% de fluoropolymère pour

respectivement 85 à 70% de produit électroconducteur. Dans les proportions précédentes il s'agit du fluoropolymère contenant éventuellement des plastifiants ou des additifs. La poudre microcomposite peut contenir aussi jusqu'à 5 parties en poids pour 100 parties de l'ensemble constitué du fluoropolymère et du produit électroconducteur d'un agent porogène. A titre d'exemple d'agent porogène on peut citer le carbonate de calcium, l'azobiscarbonamide.

La poudre microcomposite se présente sous forme de particules de produit électroconducteur recouvertes avantageusement de façon uniforme par des particules de fluoropolymère. Les particules de fluoropolymère peuvent recouvrir en partie ou en totalité les particules de produit électroconducteur. La poudre contient aussi l'agent porogène éventuel.

La poudre microcomposite peut être fabriquée par (co)atomisation d'une ou plusieurs émulsions ou dispersions aqueuses contenant ses différents constituants. Par exemple la poudre microcomposite de l'invention peut être fabriquée par coatomisation entre un latex de fluoropolymère (une émulsion ou une suspension) et une dispersion aqueuse de produit électroconducteur. Le latex et la dispersion sont introduits dans la tête de coatomisation selon les techniques habituelles. On peut aussi avant coatomisation faire un mélange par introduction directe du produit électroconducteur dans le latex de fluoropolymère soit encore mélanger une dispersion du produit électroconducteur et du latex de fluoropolymère. L'atomisation consiste à pulvériser une dispersion aqueuse (ou une suspension) ou même une solution dans un courant d'air chaud pour éliminer l'eau et récupérer les produits dissous, dispersés ou en suspension.

Selon une forme avantageuse de l'invention la poudre microcomposite comprend un produit (A) qui est un polymère ou un oligomère pouvant être solubilisé par un solvant qui n'est pas un solvant du fluoropolymère ni du produit électroconducteur. A titre d'exemple de (A) on peut citer le poly(oxyéthylène)glycol appelé communément polyéthylène glycol (PEG), avantageusement la masse \overline{Mn} est comprise entre 400 et 15000 gr/mole et la température de fusion comprise entre 50 et 80°C. A titre d'exemple

de PEG on peut citer le PLURIOL E® de la société BASF ou le POLYGLYKOL® 1500 de la société CLARIANT. La poudre microcomposite est alors constituée d'un produit électroconducteur recouvert de particules de fluoropolymère et de (A). La poudre microcomposite peut contenir aussi jusqu'à
 5 30 parties en poids pour 100 parties de l'ensemble constitué du fluoropolymère et du produit électroconducteur.

On peut fabriquer cette poudre par coatomisation comme décrit plus haut pour les poudres sans polymère (A), il suffit d'ajouter (A) dans le latex de fluoropolymère ou dans la dispersion du produit électroconducteur. (A) se
 10 dépose alors sur le graphite par précipitation sous la forme de filament pouvant lier certaines particules d'électroconducteur. L'avantage de la présence de (A) est qu'une fois qu'un objet a été fabriqué, il suffit de l'immerger dans l'eau pour enlever (A) et créer une porosité supplémentaire.

S'agissant des objets constitués de cette poudre il suffit d'extruder
 15 cette poudre avec un profil de vis peu cisailant et à une température suffisante pour que le fluoropolymère soit à l'état fondu, par exemple 15 à 30°C au dessus de sa température de fusion. On peut aussi injecter cette poudre dans une presse à injecter avec une vis présentant un profil de type PVC en étant à une température suffisante pour que le fluoropolymère soit à l'état fondu, par
 20 exemple 15 à 40°C au dessus de sa température de fusion. S'agissant du PVDF il suffit d'extruder cette poudre à 230°C sur extrudeuse bi-vis co ou contra rotative présentant un profil de vis peu cisailant ou de l'injecter à 240°C dans une presse à injecter avec une vis présentant un profil de type PVC.

Les plaques bipolaires obtenues à l'aide de la poudre microcomposite
 25 précédente peuvent présenter une masse volumique allant de 500 à 3000 kg/m³, une résistivité comprise entre 0.01 et 1 Ω.cm en résistivité volumique et de 0.01 à 0.5 Ω en résistivité surfacique. Le module de flexion des plaques bipolaires peut être compris entre 1000 et 12000 MPa et la contrainte en flexion à la rupture est comprise entre 1 et 50 MPa. Ces caractéristiques sont obtenues
 30 en ajustant les proportions et la nature des constituants.

EXEMPLES :

Ex mple 1 : (s lon l'invention) plaqu perméable

On part d'un latex de KYNAR® 9000 de la société ATOFINA présentant un extrait sec à 25.4% et d'une dispersion de graphite préparée selon le mode opératoire suivant :

Les produits suivants entrent en œuvre :

Le KYNAR®9000 est un PVDF homopolymère de MVFR (Melt Volume Flow Rate) 10 cm³/ 10 min à 230°C sous 5 kg.

Un latex de Kynar® 9000 (Extrait sec = 25.4%), un élément carboné, le Graphite, un antimousse (Byc 019), un surfactant (Coadis 123K) .

La dispersion de graphite est préparée en mélangeant l'eau, le surfactant, l'anti-mousse puis après dissolution, on ajoute la charge sous forte agitation en visant un extrait sec élevé (50%). On ajoute sous agitation modérée le latex puis on complète avec de l'eau pour obtenir une dispersion liquide facilement pompable ayant un ES (Extrait Sec) de 20%. La composition de la dispersion de graphite est donnée ci-après : 2.245kg d'eau, 1.16 g d'antimousse, 0.3 kg de surfactant (agitation modérée) puis rajouter 2.4 kg de Graphite. Agiter jusqu'à obtenir une solution liquide qui ne décante pas. Ajouter sous agitation 2.33 kg de Latex de PVDF KYNAR 9000 et 8.1 kg d'eau.

Le mélange dispersion de graphite / latex de PVDF ainsi préparé est ensuite pompé sous agitation modérée puis coatomisé en utilisant les conditions opératoires suivantes :

Température d'entrée du coatomiseur: 170°C

Température de sortie du coatomiseur: 60°C

Débit total : 17 kg/h

La coatomisation, sur un atomiseur MINOR PRODUCTION® de la société NIRO, des particules de latex de PVDF et des particules de graphite permet la préparation de 2.55 kg de poudre micro-composite de composition 80% massique de graphite et 20 % massique de PVDF.

Cette poudre micro-composite est pressée à 80 kg / cm², la plaque obtenue présente une masse volumique de 1140 kg/m³. Cette plaque est perméable à l'eau et à l'air et présente une résistivité volumique de 0.14 Ω.cm .

La fig 1 représente une photo de la poudre microcomposite obtenue avant pressage. On y voit des particules de graphite de 10 à 30 μm recouvertes de petites billes de PVDF.

5 Exemple 2 : (selon l'invention) plaque dense

On part d'un latex de KYNAR® 1000 de la société ATOFINA présentant un extrait sec à 25% et d'une dispersion de graphite préparée selon le mode opératoire suivant :

10 Les produits suivants entrent en œuvre :

Le KYNAR®1000 est un PVDF homopolymère de MVFR (Melt Volume Flow Rate) 1.1 $\text{cm}^3/10 \text{ min}$ à 230°C sous 5 kg.

Un latex de Kynar 1000 (Extrait sec = 25%), un élément carboné, le Graphite, un antimosse (Byc 019), un surfactant (Coadis 123K).

15 Une dispersion de graphite est préparée en mélangeant l'eau, le surfactant, l'anti-mousse puis après dissolution, on ajoute la charge sous forte agitation en visant un extrait sec élevé (50%). On ajoute sous agitation modérée le latex puis on complète avec de l'eau pour obtenir une dispersion liquide facilement pompable (ES à 20%). La composition de la dispersion de
20 graphite est donnée ci-après : 973 g d'eau, 0.5 g d'antimosse, 129.8 g de surfactant (agitation modérée) puis rajouter 1040g de Graphite. Agiter fortement jusqu'à obtenir une solution liquide qui ne décante pas. Ajouter sous agitation modérée 1040g de Latex de PVDF KYNAR 1000 et 3475.1 g d'eau.

Le mélange dispersion de graphite / latex de PVDF ainsi préparé est ensuite
25 pompé sous agitation modérée puis coatomisé en utilisant les conditions opératoires suivantes :

Température d'entrée du coatomiseur : 170°C

Température de sortie du coatomiseur : 60°C

Débit total : 17 kg/h

30 La coatomisation sur un atomiseur MINOR PRODUCTION® de la société NIRO des particules de latex de PVDF et des particules de graphite permet la préparation de 1000 gr de poudre micro – composite de composition

80% massique de graphite et 20 % massique de PVDF. Cette poudre micro - composite est pressée, la plaque obtenue présente une masse volumique de 1630 kg/m³. Cette plaque est très peu perméable à l'eau et à l'air et présente une résistivité volumique de 0.066 Ω.cm. La fig 2 représente une photo de la

5 poudre microcomposite obtenue avant pressage. On y voit des particules de graphite de 10 à 30 µm recouvertes de petites billes de PVDF.

Exemple 3 : (selon l'invention) Plaque perméable à conductivité améliorée.

10

On part d'un latex de KYNAR® 9000 de la société ATOFINA présentant un extrait sec à 20.8% et d'une dispersion de graphite préparée selon le mode opératoire suivant :

Les produits suivants entrent en œuvre :

15 Un latex de Kynar 9000 (Extrait sec = 20.8%), un élément carboné, le Graphite, un antimousse, un surfactant et un noir de carbone.

Une dispersion de graphite et de noir de carbone (Ketjen® EC 600 JD) est préparée en mélangeant l'eau, le surfactant (Coadis 123K), l'anti-mousse (Byc 019) puis après dissolution, on ajoute les charges (graphite et noir de carbone) sous forte agitation en visant un extrait sec élevé (50%). On ajoute

20 sous agitation modérée le latex puis on complète avec de l'eau pour obtenir une dispersion liquide facilement pompable (ES à 20%). La composition de la dispersion de graphite est donnée ci-après : 373.87g d'eau, 0.19g d'antimousse, 49.9 g de surfactant (agitation modérée) puis rajouter 397.5g de

25 Graphite et 2.5 g de noir de carbone. Agiter fortement jusqu'à obtenir une solution liquide qui ne décante pas. Ajouter sous agitation modérée 479.8g de Latex de PVDF KYNAR 9000 et 1256.74 g d'eau.

Le mélange dispersion de graphite / latex de PVDF ainsi préparé est ensuite

30 pompé sous agitation modérée puis coatomisé sur un atomiseur MINOR MOBILE® de la société NIRO en utilisant les conditions opératoires suivantes :
Température d'entrée du coatomiseur : 185°C

Température de sortie du coatomiseur : 65°C

Air comprimé : 2.4 bars

La coatomisation des particules de latex de PVDF et des particules de graphite permet la préparation de 395 gr de poudre micro – composite à une composition de 20 % massique de PVDF, 79.5% massique de graphite et 0.5% de noir de carbone. La masse volumique est de 1210 Kg/m³ et la résistivité volumique est de 0.078 Ω.cm. La figure 3 présente (en haut) une photo de la poudre avant pressage et en bas une photo agrandie d'une partie de la surface d'une particule de graphite recouverte de particules de PVDF(grosses billes blanches) et d'agrégats de noir de carbone(petites billes en grappes).

Exemple 4 : (selon l'invention) Plaque perméable

On part d'un latex de KYNAR® 9000 de la société ATOFINA présentant un extrait sec à 21% et d'une dispersion de graphite préparée selon le mode opératoire suivant :

Les produits suivants entrent en œuvre :

Un latex de Kynar 9000 (Extrait sec = 21%), un élément carboné, le Graphite, un antimousse, un surfactant et du PEG (polyéthylène glycol POLYGLYKOL® 1500 de la société CLARIANT).

Une dispersion de graphite est préparée en mélangeant l'eau, le surfactant (coadis 123K), l'anti-mousse (Byc 019) puis après dissolution, on ajoute la charge sous forte agitation en visant un extrait sec élevé (50%). On ajoute sous agitation modérée le latex puis de l'eau puis on complète avec une solution aqueuse de PEG à 20% d'ES pour obtenir une dispersion liquide facilement pompable (ES à 20%). La composition de la dispersion de graphite est donnée ci-après : 327.44g d'eau, 0.17g d'antimousse, 43.7 g de surfactant (agitation modérée) puis rajouter 350g de Graphite. Agiter fortement jusqu'à obtenir une solution liquide qui ne décante pas. Ajouter sous agitation modérée 416.7 g de Latex de PVDF KYNAR 9000 et 1102.75 g d'eau. Après préparation de ce slurry on ajoute 62.5 g de PEG dissout dans 250 g d'eau.

Le mélange dispersion de graphite / latex de PVDF ainsi préparé est ensuite pompé sous agitation modérée puis coatomisé sur un atomiseur MINOR MOBILE® de la société NIRO en utilisant les conditions opératoires suivantes :

- 5 Température d'entrée du coatomiseur : 185°C
- Température de sortie du coatomiseur : 65°C
- Air comprimé : 2.4 bars

- La coatomisation des particules de latex de PVDF et des particules de graphite permet la préparation de 375 gr de poudre micro – composite à une composition de 17.5 % massique de PVDF, 70 % massique de graphite et 12.5% de PEG. Cette poudre micro - composite est pressée à 80 kg / cm², la plaque obtenue présente une masse volumique de 1410 kg/m³. Cette plaque est immergée dans l'eau à 14.4°C pendant 113.8 heures. Après séchage à 15 50°C en étuve la plaque présente une densité de 1210 kg/m³. Cette plaque est perméable à l'air et à l'eau et présente une résistivité de 0.073 Ω.cm. La figure 4 présente (photo du haut) une photo de la poudre microcomposite avant pressage et en bas une photo agrandie de la surface d'une particule de graphite ou l'on peut observer les particules de PVDF(les billes) ainsi que les 20 filaments de PEG précipités lors de l'atomisation.

Exemple 5 : (selon l'invention) Plaque perméable

- On part d'un latex de KYNAR® 9000 de la société ATOFINA présentant 25 un extrait sec à 21% et d'une dispersion de graphite préparée selon le mode opératoire suivant :

Les produits suivants entrent en œuvre :

- Un latex de Kynar 9000 (Extrait sec = 21%), un élément carboné, le Graphite, un antimousse, un surfactant et du PEG (polyéthylène glycol POLYGLYKOL® 30 1500 de la société CLARIANT).

Une dispersion de graphite est préparée en mélangeant l'eau, le surfactant (Coadis 123K), l'anti-mousse (Byc 019) puis après dissolution, on

ajoute la charge sous forte agitation en visant un extrait sec élevé (50%). On ajoute sous agitation modérée le latex puis de l'eau puis on complète avec une solution aqueuse de PEG à 20% d'ES pour obtenir une dispersion liquide facilement pompable (ES à 20%). La composition de la dispersion de graphite est donnée ci-après : 311.5g d'eau, 0.5g d'antimousse, 41.4 g de surfactant (agitation modérée) puis rajouter 332.5g de Graphite. Agiter fortement jusqu'à obtenir une solution liquide qui ne décante pas. Ajouter sous agitation modérée 395.2 g de Latex de PVDF KYNAR 9000 et 1132.9 g d'eau. Après préparation de ce slurry on ajoute 84.5 g de PEG dissout dans 253.5 g d'eau.

10

Le mélange dispersion de graphite / latex de PVDF ainsi préparé est ensuite pompé sous agitation modérée puis coatomisé sur un atomiseur MINOR MOBILE® de la société NIRO en utilisant les conditions opératoires suivantes :

Température d'entrée du coatomiseur : 160°C

15

Température de sortie du coatomiseur : 60°C

Air comprimé : 2.4 bars

La coatomisation des particules de latex de PVDF et des particules de graphite permet la préparation de 297.5 gr de poudre micro – composite à une composition de 16.6 % massique de PVDF, 66.5 % massique de graphite et 16.9% de PEG. Cette poudre micro - composite est alimentée en trémie pleine dans une bi-vis co-rotative ZSK, avec une filière de 3.5 mm. L'extrusion est réalisée sans aucune difficulté à 230°C, 30 tr/minute, le couple est de 15 N.m.

20

Le jonc obtenu présente une densité de 1500 kg/m³.

25

Exemple 6 : selon l'invention

On procède comme dans l'exemple 4 en ajoutant du noir à la formulation. La poudre microcomposite ainsi préparée présente une composition de 17.5 % massique de PVDF, 69.5 % massique de graphite et 12.5% de PEG et 0.5 % de noir de carbone.

30

REVENDICATIONS

1 Poudre microcomposite constituée de particules de 1 à 300 μm
5 d'un produit électroconducteur et de particules de 0,1 à 0,5 μm d'un fluoropolymère.

2 Poudre selon la revendication 1 dans laquelle le produit
électroconducteur est choisi parmi les produits à base de carbone tels que le
10 graphite, les agrégats de noir de carbone, les fibres de carbone et le charbon actif.

3 Poudre selon l'une quelconque des revendications précédentes
dans laquelle le fluoropolymère est un PVDF homopolymère ou copolymère
15 contenant au moins 60% en poids de VF2.

4 Poudre selon l'une quelconque des revendications précédentes
dans laquelle les proportions sont , en poids, de 10 à 40% de fluoropolymère
pour respectivement 90 à 60% de produit électroconducteur.

20

5 Poudre selon l'une quelconque des revendications précédentes
contenant aussi jusqu'à 5 parties en poids d'un agent porogène pour 100
parties de l'ensemble constitué du fluoropolymère et du produit
électroconducteur.

25

6 Poudre selon l'une quelconque des revendications précédentes
comprenant un produit (A) qui est un polymère ou un oligomère pouvant être
solubilisé par un solvant qui n'est pas un solvant du fluoropolymère ni du
produit électroconducteur.

30

7 Poudre selon la revendication 6 contenant jusqu'à 30 parties en poids de (A) pour 100 parties de l'ensemble constitué du fluoropolymère et du produit électroconducteur.

5 8 Poudre selon la revendication 6 ou 7 dans laquelle (A) est un polyéthylèneglycol.

9 Poudre selon l'une quelconque des revendications 6 à 8 dans laquelle (A) est déposé sur le graphite par précipitation sous la forme de
10 filaments pouvant lier certaines particules d'électroconducteur.

10 Objets constitués de la poudre de l'une quelconque des revendications précédentes.

15 11 Objets selon la revendication 10 qui sont des plaques bipolaires de piles à combustible, ou des éléments de supercapacités.

12 Plaques bipolaires obtenues à l'aide de la poudre microcomposite selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 ayant une masse volumique
20 allant de 500 à 3000 kg/m³, une résistivité comprise entre 0.01 et 1 Ω .cm en résistivité volumique et de 0.01 à 0.5 Ω en résistivité surfacique.

13 Plaques bipolaires selon la revendication 12 ayant un module de flexion compris entre 1000 et 12000 MPa.
25

14 Plaques bipolaires selon la revendication 12 ou 13 ayant une contrainte en flexion à la rupture comprise entre 1 et 50 MPa.

15 Procédé de préparation de la poudre de l'une quelconque des
30 revendications 1 à 9 par (co)atomisation d'une ou plusieurs émulsions ou dispersions aqueuses contenant ses différents constituants.

catalyseur ainsi que du PTFE pour former des agrégats. Ces agrégats sont ensuite pressés à 20 kg/cm² et frittés à 340°C pendant 20 minutes.

5 Dans le brevet EP 0928036 il est décrit une méthode de préparation d'électrode perméable au gaz, en effectuant une dispersion de particules de noir de carbone ou de noir de carbone supportant un catalyseur en utilisant un équipement à haut cisaillement pour l'homogénéiser tel que les micro - fluidiseurs puis en ajoutant un liant à la dispersion obtenue puis un agent stabilisant. Ce mélange est ensuite déposé sur un tissu électro-conducteur puis séché et fritté à 300 - 400°C.

10 Dans la demande de brevet WO 200030202 il est décrit une composition moulable permettant la préparation de plaques collectrices de courant par compression moulage ou injection moulage. Cette composition comprend un liant polymère non fluoré; parmi les polymères utilisables on trouvera les polyphénylène sulfures , les polyphénylène éther modifiés, les polymères
15 cristaux liquides, les polyamides, les polyimides, les polyesters, les phénoliques, les résines époxydes et les vinyl esters. Parmi les particules conductrices on trouvera plus particulièrement les particules carbonées. Ces particules carbonées sont présentes à hauteur d'au moins 45 % en masse.

20 Makoto Ushida dans J. Electrochem. Soc., vol.142, No. 12, December 1995 a étudié la préparation d'une MEA (membrane and electrode assembly), basée sur la formation d'un colloïde permettant d'optimiser la formation d'un réseau dans la couche de catalyseur et de simplifier la fabrication de la MEA. La préparation par la réalisation par exemple d'un mélange de perfluorosulfonate ionomer (PFSI) en solution dans de l'éthanol est additionnée
25 d'acétate de butyle (un mauvais solvant) pour former une solution colloïdale. Puis un carbone supportant du platine est mélangé à un carbone recouvert de PTFE . Ce carbone recouvert de PTFE est réalisé en mélangeant une suspension de carbone et une suspension de PTFE ainsi qu'un surfactant, le surfactant est alors enlevé lors d'un traitement sous air à 290°C. Le mélange
30 des deux poudres Pt/C et C/PTFE est additionné à la solution colloïdale du PFSI ce qui génère une réticulation des chaînes de PFSI adsorbées par le carbone favorisée par un traitement ultrasonique. Cette suspension colloïdale

est ensuite étalée sur un papier carbone qui est pressé à 130°C à 7,5 MPa pendant 1 minute.

5 Fischer dans Journal of applied electrochimstry 28 (1998) pp 277-282 a étudié la préparation de MEA en pulvérisant le mélange d'un slurry (suspension) d'un métal catalyseur, d'une solution de Nafion® (acrylate fluoré) dans l'eau et de glycerol, sur une membrane à base de Nafion 117 ® chauffée. Les solvants sont ensuite évaporés par chauffage à 150°C.

10 Dans le brevet US 4214969 il est décrit une plaque bipolaire pour piles à combustibles constituée de graphite et de fluoropolymère dans un ratio 2.5 :1 à 16 :1. Ces plaques bipolaires présentent une conductivité volumique $4.10^{-3} \Omega.in$. Ce mélange de graphite et de fluoropolymère est mélangé à sec dans un mélangeur pendant 25 minutes puis introduit dans un moule à chaud sous pression.

15 La demande de brevet GB 2220666 décrit une méthode de coatomisation pour la préparation de particules de noir de carbone revêtues de façon très homogène par des particules de latex synthétique. Il n'est cité aucun polymère fluoré dans la description ni dans les exemples.

20 L'art antérieur a essentiellement décrit la réalisation de plaques bipolaires par des procédés discontinus utilisant des solvants ou des procédés ne faisant intervenir que des mélanges grossiers des différents produits utilisés dans la réalisation des plaques. L'art antérieur décrivant une coatomisation n'a pas décrit les polymères fluorés.

25 On a maintenant trouvé une poudre microcomposite très homogène à base d'un fluoropolymère et d'un électroconducteur et que cette poudre pouvait être mise en œuvre par les techniques telles que l'injection, l'injection transfert, l'injection moulage utilisées habituellement pour les thermoplastiques. Les objets ainsi fabriqués sont utiles dans les piles à combustibles (plaque bipolaire) et les supercapacités.

30 Cette poudre microcomposite peut être produite par coatomisation d'une dispersion aqueuse comprenant un fluoropolymère et un électroconducteur. Le procédé ne fait intervenir aucun solvant autre que l'eau. Les avantages et

Figure 1/4

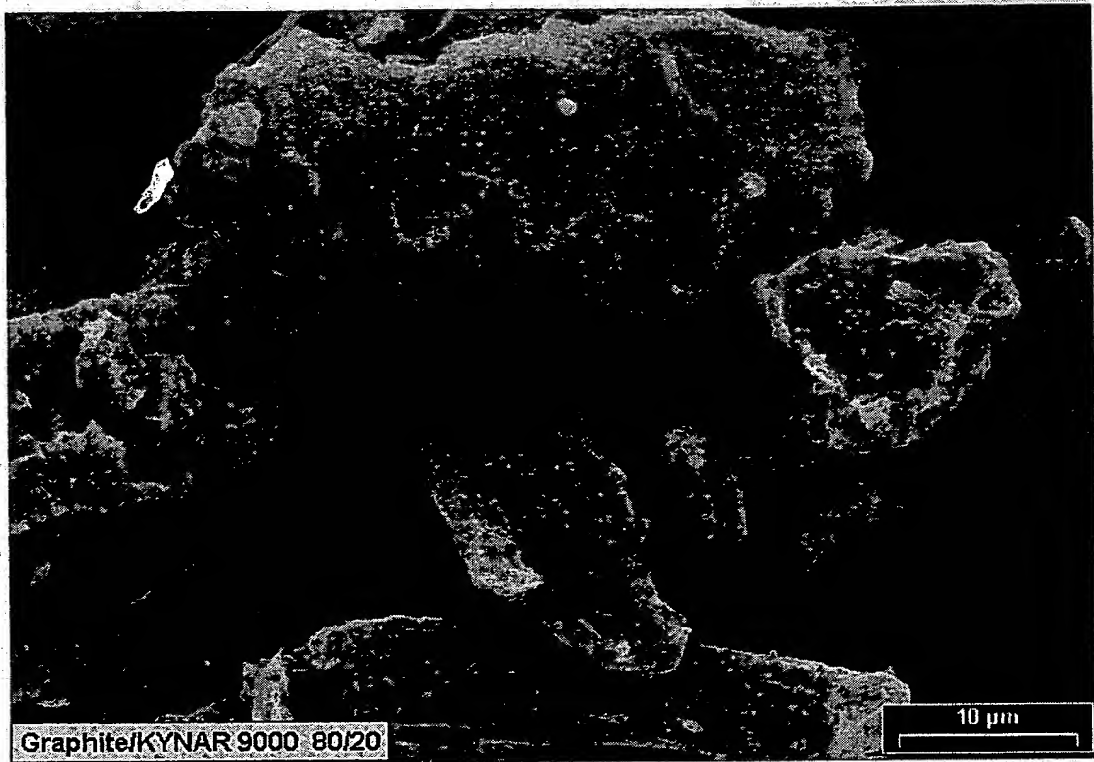


Figure 2/4

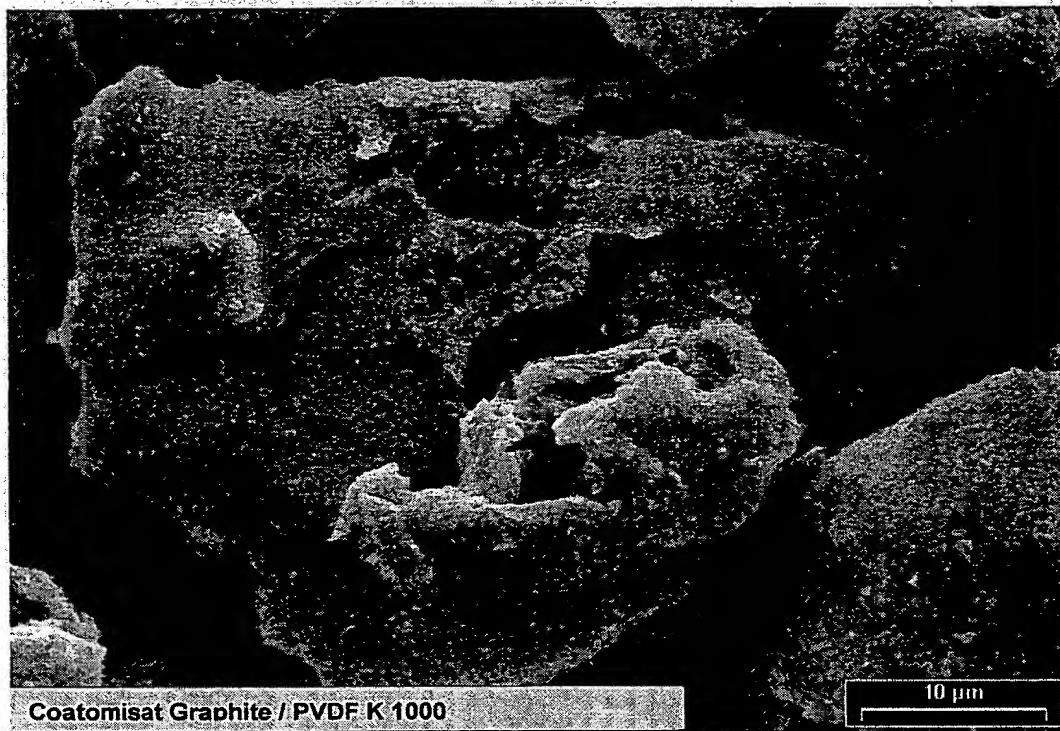


Figure 3/4

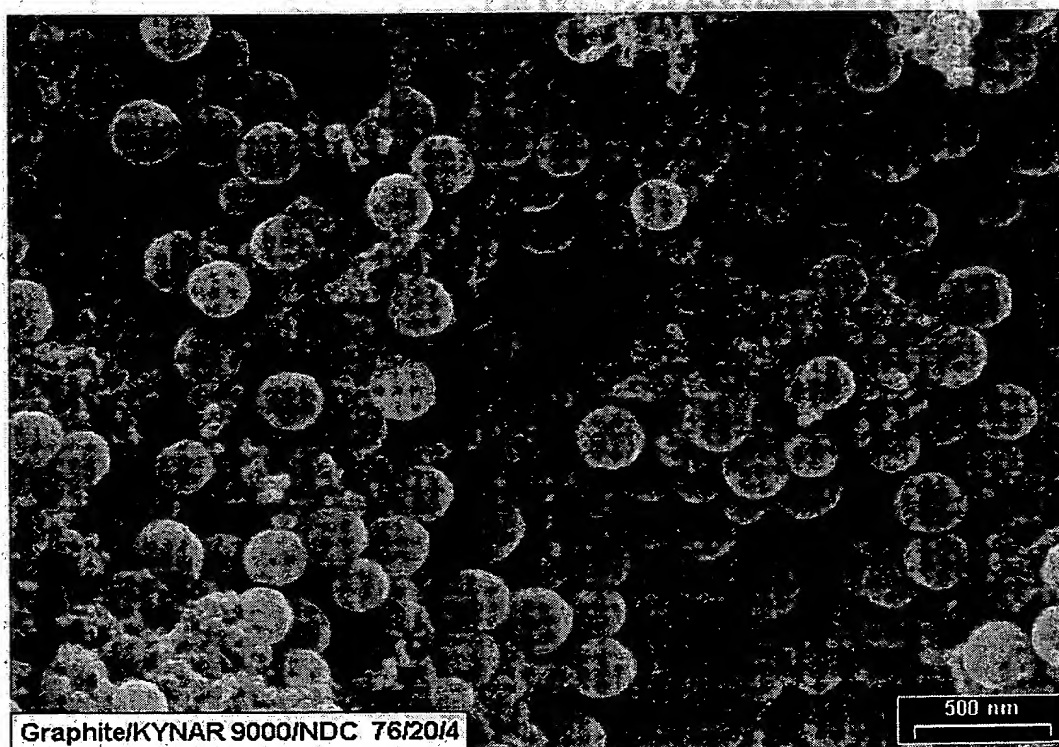
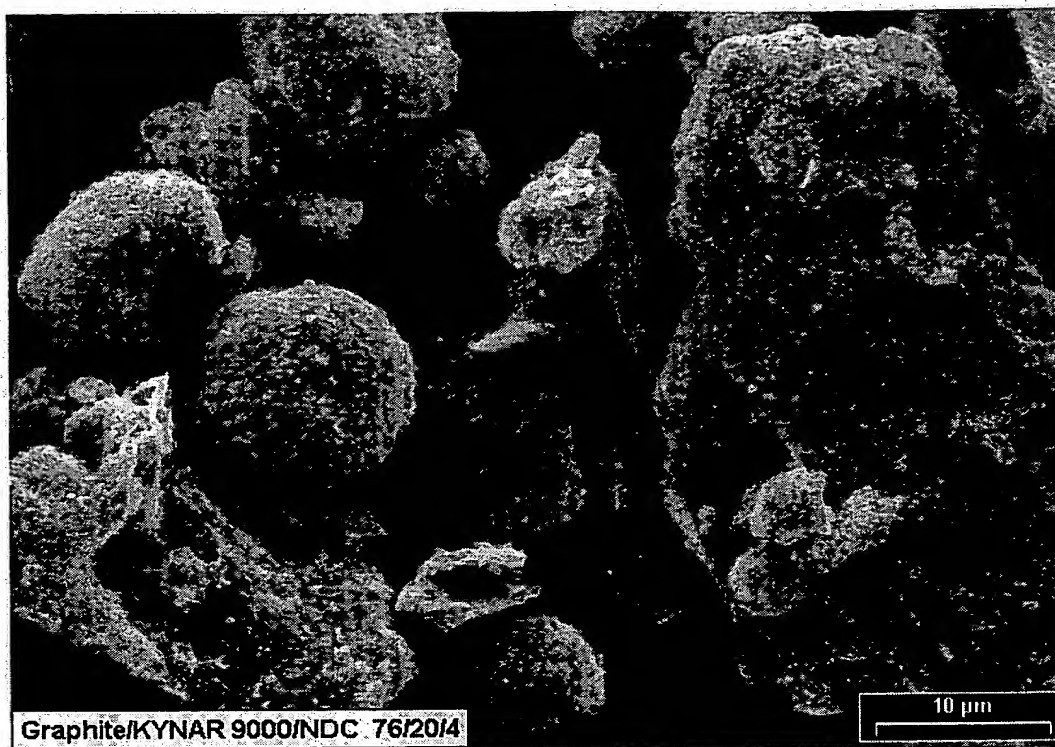


Figure 4/4

